

PIVOZWO: PLUGGED-IN VEHICLES, OPTIMIERT – EIN QUALITÄTSSTANDARD ZUR NETZDIENLICHKEIT VON SELBSTREGELNDEN LASTEN

Gunnar KAESTLE¹, Stefan KASTNER², Matthias BREUST³, Tomi ENGEL⁴

Verbraucher regeln sich selbst

Die Selbstregulierung ist wichtig für die Resilienz von Elektroenergiesystemen. Die Frequenz wird automatisch durch die frequenzabhängige Wirkleistungsaufnahme bestimmter Lasten stabilisiert [1], einschließlich direkt gekoppelter elektrischer Antriebe wie Pumpen, Gebläse usw. Andererseits können spannungsabhängige ohmsche Lasten [2] dazu beitragen, die Stabilität der Netzspannung zu gewährleisten. Der traditionelle selbstregulierende Effekt nimmt jedoch langsam ab, da immer mehr Lasten per Leistungselektronik angesteuert werden, denen das dynamische Verhalten "traditioneller" Lasten - Widerstände und direkt gekoppelte Antriebe - fehlt.

Informationsträger Frequenz & Spannung

Disponible Lasten wie Elektrofahrzeuge (engl. electric vehicle, EV), Wärmepumpen und elektrische Heizkessel haben das Potenzial, diesen Rückgang zu kompensieren. Während kritische Lasten nur den Bedürfnissen des Nutzers dienen, können disponible Lasten in netzunterstützenden Betriebsarten arbeiten, indem sie ihre Leistungsprofile ändern und dabei die Funktionalität für den Endnutzer innerhalb

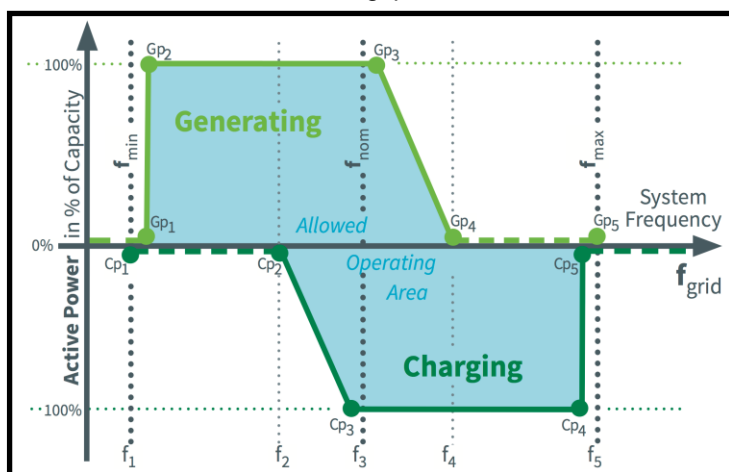


Abbildung 1: Simplex Smart Charging (SSC), welches das Verhalten von Erzeugungsanlagen spiegelt: Während Erzeuger die Produktion bei Überfrequenz reduzieren, sollten disponible Lasten den Verbrauch bei Unterfrequenz reduzieren.

akzeptabler Bereiche aufrechterhalten. Frequenz und Spannung können leicht als Informationsträger in Regelalgorithmen verwendet werden, die den Selbstregeleffekt emulieren. Dies hat eine stabilisierende Wirkung sowohl auf den netzparallelen Betrieb als auch auf den Inselbetrieb und bietet zusätzliche Reserven für den Fall einer Großstörung. Die Langfassung umfasst die Beschreibung des IEC-Projekts TS 62898-3-3 zur Selbstregulierung disponibler Lasten, insbesondere von Elektrofahrzeugen, die bald systemrelevant werden könnten. [3] Das obige Normungsvorhaben soll 2022 abgeschlossen werden.

In großen Verbundsystemen bietet das Prinzip der Selbstregelung eine Möglichkeit, kleine Lasten in Niederspannungsnetzen zu koordinieren, die schnell installiert und einfach gewartet werden können. Es folgt dem KISS-Prinzip („keep it simple and stupid“) und nutzt selbstorganisierende Eigenschaften, während es die Komplexitätsfalle der Fernsteuerung eines großen Schwarms kleiner Einheiten vermeidet.

¹ IEC/SC 8B/JWG 1, Sägemüllerstraße 1, 38678 Clausthal-Zellerfeld, T +49 5323 997724, gunnar.kaestle@tu-clausthal.de, <https://www.researchgate.net/profile/Gunnar-Kaestle>

² Bundesverband Solare Mobilität e.V., EUREF-Campus 16, 10829 Berlin, T +49 30 3266 2999, s.kastner@bsm-ev.de, <https://www.bsm-ev.de/pivozwo>

³ Bundesverband Solare Mobilität e.V., EUREF-Campus 16, 10829 Berlin, T +49 30 3266 2999, m.breust@bsm-ev.de, <https://www.bsm-ev.de>

⁴ IEC/TC 69/JWG 11, Gut Dutzenthal Haus 5, 91438 Bad Windsheim, T +49 9165 995257, tomi@objectfarm.org, <https://www.objectfarm.org>

Nutzen der Selbstregelung

Disponibile Lasten wie Elektrofahrzeuge und temperaturgesteuerte Geräte können die Regelung der Netzfrequenz durch eine P(f)-Funktion mit synthetischer Trägheit unterstützen. Dies macht die gesamte Synchronzone widerstandsfähiger gegen Großstörungen. Starke Frequenzabweichungen, die einen unterfrequenten Lastabwurf auslösen könnten, werden durch selektive Leistungsreduktionen vermieden. Andererseits kann eine P(U)-Reglerfunktion die Anzahl von Spannungsverletzungen in Verteilungsnetzen reduzieren, da NS- und MS-Leitungen üblicherweise ein recht hohes R/X-Verhältnis aufweisen. Die P(U)-Logik hilft bei der Optimierung des Leistungsflusses und trägt zur Verringerung des maximalen Stroms im entsprechenden Abgang bei. Dies führt zu einer Reduzierung oder Verschiebung notwendiger Netzerweiterungen, wenn die Dichte von Lasten (z.B. EV) oder Erzeugern (z.B. PV) zunimmt. Darüber hinaus kann die Emulation eines ohmschen Widerstands auch den Rückgang der effektiven Kurzschlussleistung kompensieren, der durch die P=const-Regelung verursacht wird, die einige Leistungselektroniken verwenden und die effektiv als negativer Differenzwiderstand wirken.

Wir werden uns in der Langfassung auch mit wirtschaftlichen Aspekten befassen, einschließlich der ökonomischen Bewertung von Systemdienstleistungen, die durch autonome intelligente Ladesysteme erbracht werden, und der Aggregation von EV-Clustern für Redispatch und inverses Einspeisemanagement (Nutzen statt Abregeln – NSA) unter Verwendung des sogenannten Dimmer-Ansatzes.

Abschließend ist anzumerken, dass die Standardisierung des Massenmarktes für Niederspannungsgeräte von entscheidender Bedeutung ist, um die Transaktionskosten eines netzdienlichen Einsatzes zu senken. In Deutschland rechnen die ÜNB im Szenariorahmen 2035 mit 9-15 Millionen Elektrofahrzeugen [4]. Selbstregulierung ist eine einfache, leicht zu implementierende, robuste und hackersichere Methode, um große Mengen kleiner disponibler Lasten in ein elektrisches Versorgungssystem zu integrieren.

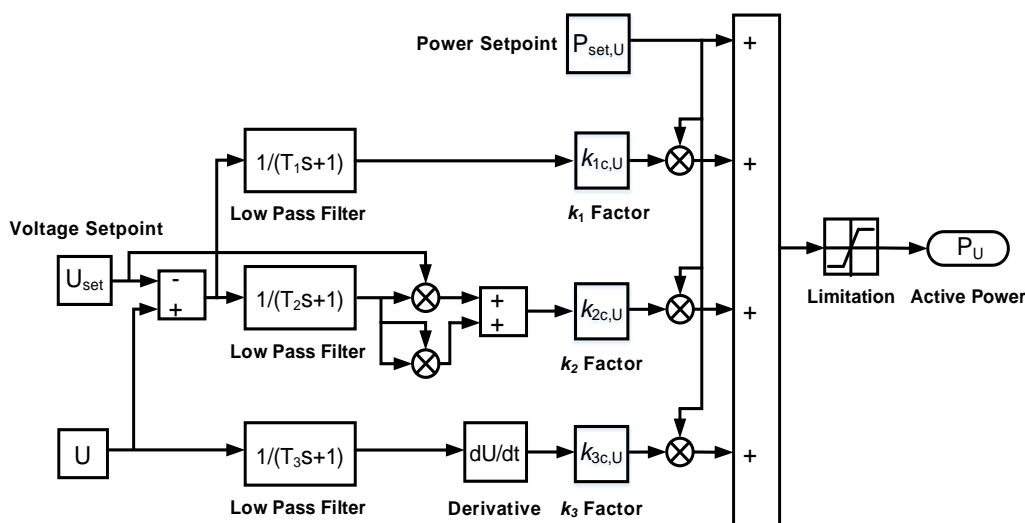


Abbildung 2: Blockdiagramm für die Parametrierung der Funktion $P(U)$, einschließlich des Leistungssollwerts, einem proportionalen Regler, der Emulation eines Widerstands und einer differentiellen Regel.

Referenzen

- [1] Fred Schweppe: Frequency adaptive, power-energy re-scheduler. Patent US4317049, 1982. <https://patents.google.com/patent/US4317049> (aufgerufen am 2021-12-01)
- [2] Otto Grebe: Verfahren zum Lastenausgleich von elektrischen Netzen durch selbsttätige Zu- und Abschaltung elektrischer Wärmespeicher mittels spannungsabhängiger Schaltvorrichtungen. Patent DE 628338, 1936. <https://patents.google.com/patent/DE628338> (aufgerufen am 2021-12-01)
- [3] IEA: Global electric car sales by key markets, 2010-2020e. In: Marine Gerner, Leonardo Pauli: How global electric car sales defied Covid-19 in 2020, Internationale Energieagentur, Paris, 2021-01-28.
- [4] BNetzA: Genehmigung des Szenariorahmens 2021-2035. Bundesnetzagentur - Referat Netzentwicklung Stromübertragungsnetz, Bonn, 2020-06-25, S. 4.